

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-183597

(43)Date of publication of application : 21.07.1995

(51)Int.Cl.

H01S 3/094

G02B 6/00

G02F 1/35

H01S 3/07

H01S 3/10

(21)Application number : 05-323870

(71)Applicant : SHIN ETSU CHEM CO LTD

(22)Date of filing : 22.12.1993

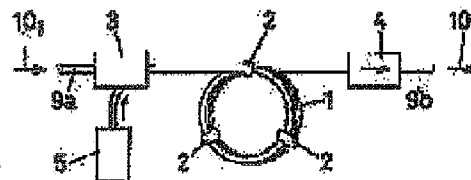
(72)Inventor : KAMIYA KAZUO  
TAKANO SHINICHI

## (54) OPTICAL FIBER LOOP FOR EXCITATION OF OPTICAL AMPLIFIER

## (57)Abstract:

PURPOSE: To obtain an optical fiber loop for excitation of an optical amplifier which causes very little a microbending loss or a loss depending on a polarized light.

CONSTITUTION: In an optical amplifier amplifying a signal light 101 by a stimulated emission light obtained by making the signal light 101 and an excitation light enter an optical fiber 1 for excitation doped with a rare-earth element, an optical fiber loop for excitation is constructed in such a manner that the optical fiber 1 for excitation is wound in the shape of a loop in a free space, so as to form a bundle, and a part or the whole of the loop is bonded by a bonding agent 2 so that the bundle be fixed. Since the center of the optical fiber loop for excitation is located in the free space not containing a support such as a bobbin, no lateral pressure is applied to the optical fiber loop 1. By using this optical fiber loop for excitation, therefore, the optical amplifier which is free from a change in the state of a polarized light, causes very little a loss depending on the polarized light and has a stable amplification factor can be constructed.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 23.10.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 20.06.2000

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of 2000-11059 rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 19.07.2000

[Date of extinction of right]

7-183597

## DETAILED DESCRIPTION

---

### [Detailed Description of the Invention]

#### [0001]

[Industrial Application] This invention relates to the optical fiber loop formation for excitation of the light amplifier used in the field of optical communication.

#### [0002]

[Description of the Prior Art] In the optical transmission system, after magnification of the lightwave signal decreased by long-distance transmission once changes a lightwave signal into an electrical signal conventionally and carries out electric magnification, the approach of changing into a lightwave signal again is enforced. However, by such approach, in there being a limit, there is a problem that a system becomes complicated in the junction of the high capacity communication asked for rapidity. Recently, the light amplifier which can amplify a direct lightwave signal is being used, without changing optical communication into an electrical signal. An active element is excited with the excitation light by which incidence was carried out to the optical fiber for excitation which doped rare earth elements, such as an erbium, in the core section, and a light amplifier amplifies directly the signal light which passes through that by the induced emission.

[0003] The light amplifier which used the optical fiber for excitation which doped the erbium as an active element fits the optical amplification for 1.55-micrometer band optical communication, and is already being put in practical use. Moreover, about the optical amplification for 1.30-micrometer band optical communication, the optical fiber for excitation which doped neodium and PURASEOJIUMU attracts attention.

[0004] There is an optical isolator for removing the reflected light of the optical multiplexing machine for carrying out incidence of the power circuit, and the excitation light and signal light from the excitation light source for driving the excitation light source for exciting the active element other than the optical fiber for excitation and the excitation light source as a main component part of a light amplifier to the optical fiber for excitation, excitation light, or signal light etc. As a direction of incidence of the excitation light to the optical fiber for excitation, there are front excitation excited from the incidence side to the rare-earth-elements dope optical fiber of signal light, back excitation excited from an outgoing radiation side, and bidirectional excitation excited from an incidence and outgoing radiation side, and it can respond like an activity eye of a light amplifier, respectively, and can use properly.

[0005] Die length differs and the optical fiber for excitation which doped the rare earth elements used for a light amplifier is variously adopted by the concentration and fiber structure of an active element in a core from the less than 10cm thing to the thing 200cm or more. In order to

make the whole light amplifier compact, the optical fiber for excitation is twisted around the reel.  
[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] When it generally bends in a small path, the transmission loss called macro bending loss generates the optical fiber of a single mode. Transmission loss becomes large, so that a bending diameter is so small that curvature is large. Since the rare-earth-elements dope optical fiber used as an optical fiber for excitation of a light amplifier is an optical fiber of a single mode, it has a limit that the diameter of bending is not made to below constant value. Furthermore, recently, since changing signal luminous intensity is known and it becomes the cause of degradation of a transmission characteristic according to the polarization condition of the signal light which transmits an optical transmission system, it has been required that loss resulting from an optical device and the polarization dependency of a transmission line should be made small as much as possible.

[0007] Generally the optical fiber for excitation is twisted around the bobbin with a diameter of several cm or the reel. The threshold value in which a micro bending loss generates the path to twist with the optical fiber property of the diameter of mode FURUDO and cut-off wavelength of the optical fiber for excitation differs. Those elements are considered and it is usually twisted around reels made from plastics, such as polypropylene with a diameter of about 45mm or more and polyethylene. thus, a reel or a bobbin — a volume — the price — \*\*\*\* — excitation — \*\* — an optical fiber — the loss depending on polarization was considered in the detail about the loop formation. Consequently, it was found out that it is one of the causes by which a lateral pressure is added from peripheral faces, such as a reel, to the loop formation of the optical fiber for excitation, an optical fiber produces distortion and this produces a polarization condition. Since this lateral pressure changes with temperature fluctuation, it will be twisted around a reel, and the loss which depends for an optical fiber on polarization will also be changed.

[0008] It was made in order that this invention might solve such a trouble, and it aims at offering the optical fiber loop formation for excitation of the very small light amplifier of a micro bending loss or a polarization dependence loss.

[0009]

[Means for Solving the Problem] The optical fiber loop formation for excitation of the light amplifier which applies this invention for attaining this object In the light amplifier which amplifies said signal light with the induced emission light which is made to carry out incidence of signal light and the excitation light to the optical fiber 1 for excitation which doped rare earth elements, and is obtained as shown in drawing 1 corresponding to an example Said optical fiber 1 for excitation is rolled in the shape of a loop formation in free space, a bundle is formed, a part or all of a loop formation pastes up with adhesives 2, and the bundle is being fixed.

[0010]

[Function] Since the bundle has fixed the optical fiber loop formation 1 for excitation of a light amplifier with adhesives 2 by the condition of having been wound in the shape of a loop formation,

without including base materials, such as a bobbin, at the core, a lateral pressure is not added from a core to the optical fiber loop formation 1. Therefore, the loss which fluctuation of a polarization condition does not have, either and is dependent on polarization can constitute a very small light amplifier.

[0011]

[Example] Hereafter, a drawing explains the example of the optical fiber loop formation for excitation of the light amplifier which applies this invention to a detail.

[0012] Drawing 1 is the side elevation of the whole used as the light amplifier using the optical fiber loop formation for excitation which is the example of this invention. It consists of this example as amplifier for carrying out optical amplification of the communication link light with a wavelength of 1.55 micrometers.

[0013] The optical fiber loop formation 1 for excitation of this example is manufactured as follows. The reel of the outer diameter of 60mm which attached the dismountable flange, and the product made from width-of-face Teflon of 8mm is prepared beforehand. After twisting the fiber which doped ERUBIYUUMU with a die length of 80m to the quartz glass of a core as an optical fiber for excitation about 400 times in the condition that there is almost no tension in the reel, the ultraviolet curing mold silicone denaturation epoxy adhesive 2 is applied to a periphery, and ultraviolet rays were irradiated and were stiffened. After hardening, the flange of a reel was removed and the fiber was taken out in the state of the bundle. The acquired optical fiber loop formation 1 is pasted up with adhesives 2, and the bundle is being fixed. Fusion splicing of the end of the optical fiber loop formation 1 is carried out to the optical multiplexing machine 3, and an end is already connected to an optical isolator 4. The optical fiber connected with optical fiber 9a for a communication link and the excitation light source 5 is connected to the input side of the optical multiplexing machine 3. Optical fiber 9b for a communication link by the side of outgoing radiation is connected to the output of an optical isolator 4. Thus, a light amplifier is constituted by the optical fiber loop formation 1 for excitation.

[0014] It is the communication link light 101 with a wavelength of 1.55 micrometers with the light amplifier of the above-mentioned example shown in drawing 1 . Incidence is carried out to optical fiber 9a for a communication link, incidence of the light with a wavelength of 1.48 micrometers is carried out from the excitation light source 5, and it is the outgoing radiation communication link light 102. Magnification gain was searched for by measuring reinforcement. Under the present circumstances, fluctuation of an output light according signal light to a polarization condition was measured with the actinometer 7 by the \*\*\*\* controller 6 (refer to drawing 2 ). Fluctuation of magnification gain was 0.1dB or less.

[0015] Furthermore, with the light amplifier of the above-mentioned example, the optical fiber loop formation 1 to which the bundle is being fixed with adhesives 2 was contained to the temperature adjustable thermostat 8, as shown in drawing 2 , and the thermo-cycle trial at -40 degrees C - 85 degrees C was performed. Fluctuation of magnification gain was 0.5dB or less.

[0016] For the comparison, the light amplifier of the example of a comparison was made as an experiment using the optical fiber loop formation for excitation besides application of this invention as follows, and the engine performance was evaluated.

[0017] After twisting ERUBIYUUMU dope quartz glass fiber with a die length [ of the same property as the above-mentioned example ] of 80m about 400 times in the condition that there is almost no tension in the reel made from polypropylene with an outer diameter [ of 60mm ], and a width of face of 8mm, it considered as instead of [ of the optical fiber loop formation 1 for excitation which fixed only the end fiber to the reel and was used in the example ]. The light amplifier of the example of a comparison was constituted like the example except changing the optical fiber loop formation for excitation in this way.

[0018] Magnification gain was searched, for for the light amplifier of the example of a comparison on the same conditions as the case of said example. Consequently, fluctuation of magnification gain was the same as the case of an example at 0.1dB or less. Furthermore, the optical fiber loop formation of the light amplifier of the example of a comparison was contained to the temperature adjustable thermostat 8, and the thermo-cycle trial was performed on the same conditions as the case of said example. It was 3.2dB, and fluctuation of the magnification gain of this example of a comparison was compared with fluctuation (0.5dB or less) of the magnification gain of said example, and was substantially bad.

[0019]

[Effect of the Invention] As mentioned above, as explained to the detail, since the optical fiber loop formation for excitation of the light amplifier of this invention is maintaining the shape of a loop formation in free space, it produces the loss which a lateral pressure is not added and originates in a polarization dependency, and does not have things. Therefore, the magnification property extremely stable [ the light amplifier's which used this optical fiber loop formation for excitation ] will be acquired.

---

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-183597

(43)公開日 平成7年(1995)7月21日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 S 3/094				
G 0 2 B 6/00				
G 0 2 F 1/35	5 0 1			
			H 0 1 S 3/ 094	S
			G 0 2 B 6/ 00	E

審査請求 未請求 請求項の数1 O L (全 4 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平5-323870

(22)出願日 平成5年(1993)12月22日

(71)出願人 000002060

信越化学工業株式会社

東京都千代田区大手町二丁目6番1号

(72)発明者 神屋 和雄

群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越化学工業株式会社精密機能材料研究所内

(72)発明者 高野 伸一

群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越化学工業株式会社精密機能材料研究所内

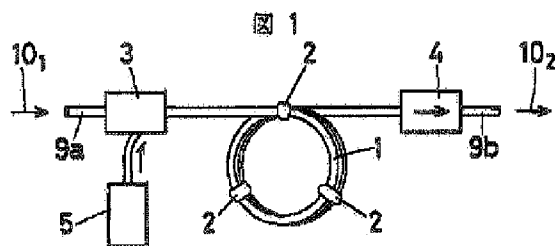
(74)代理人 弁理士 小宮 良雄

(54)【発明の名称】 光増幅器の励起用光ファイバループ

(57)【要約】

【目的】 マイクロベンディングロスや偏光依存ロスの極めて小さな光増幅器の励起用光ファイバループを提供する。

【構成】 励起用光ファイバループは、希土類元素をドープした励起用光ファイバ1に信号光10<sub>1</sub>と励起光を入射させて得られる誘導放出光で信号光10<sub>1</sub>を増幅する光増幅器において、励起用光ファイバ1が自由空間でループ状に巻かれて束を形成し、ループの一部または全部が接着剤2で接着されて束が固定されている。励起用光ファイバループの中心にボビン等の支持体を含むことなく自由空間であるから、光ファイバループ1に対して側圧が加わることがない。そのためこの励起用光ファイバループを使用すると、偏光状態の変動もなく偏光に依存するロスが極めて小さな安定した増幅率の光増幅器を構成することができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 希土類元素をドープした励起用光ファイバに信号光と励起光を入射させて得られる誘導放出光で前記信号光を増幅する光増幅器において、前記励起用光ファイバが自由空間でループ状に巻かれて束を形成し、ループの一部または全部が接着剤で接着されて束が固定されていることを特徴とする光増幅器の励起用光ファイバループ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光通信の分野において利用される光増幅器の励起用光ファイバループに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 光通信システムにおいて、長距離伝送によって減衰した光信号の増幅は、従来、光信号を一旦電気信号に変換して電気的増幅をしたのち、再度光信号に変換する方法が実施されている。しかしながらこのような方法では、高速性が求められる大容量通信の中継には制限があるうえ、システムが複雑になるといった問題がある。最近では光通信を電気信号に変換することなく直接光信号を増幅することができる光増幅器が利用されつつある。光増幅器は、コア部にエルビウムなどの希土類元素をドープした励起用光ファイバに入射された励起光で活性元素が励起され、その誘導放出によりそこを通過する信号光を直接増幅するものである。

【0003】 活性元素としてエルビウムをドープした励起用光ファイバを使用した光増幅器は、1.55  $\mu\text{m}$  帯光通信用の光増幅に適しており、すでに実用化されつつある。また、1.30  $\mu\text{m}$  帯光通信用の光増幅についてはネオジムやプラセオジウムをドープした励起用光ファイバが注目されている。

【0004】 光増幅器の主要構成部品としては、励起用光ファイバの他に、活性元素を励起するための励起光源、励起光源を駆動するための電源回路、励起光源からの励起光と信号光を励起用光ファイバに入射させるための光合波器、励起光あるいは信号光の反射光を除去するための光アイソレータなどがある。励起用光ファイバへの励起光の入射方向としては、信号光の希土類元素ドープ光ファイバへの入射側から励起する前方向励起、出射側から励起する後方向励起、入射側と出射側から励起する双方向励起があり、それぞれ光増幅器の使用目的に応じて使い分けることができる。

【0005】 光増幅器に使用される希土類元素をドープした励起用光ファイバは、コア中の活性元素の濃度やファイバ構造によって長さが異なり、10 cm未満のものから200 cm以上のものまで種々採用されている。光増幅器全体をコンパクトなものにするために、リールに励起用光ファイバを巻きつけている。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】 シングルモードの光ファイバは、一般に小さな径に曲げた場合にはマイクロベンディングロスといわれる伝送損失が発生する。曲率の大きいほど、すなわち曲げ直径が小さいほど伝送損失が大きくなる。光増幅器の励起用光ファイバとして使用される希土類元素ドープ光ファイバは、シングルモードの光ファイバであるため、曲げ径を一定値以下にはできないといった制限がある。さらに、最近では光通信システムを伝送する信号光の偏光状態によって信号光の強度が変動することが知られ、伝送特性の劣化の原因になることから、光デバイス、伝送路の偏光依存性に起因する損失を極力小さくすることが要求されてきた。

【0007】 励起用光ファイバは、一般に、直径数 cm のボビンあるいはリールに巻きつけられている。巻きつけの径は、励起用光ファイバのモードフィールド径とカットオフ波長といった光ファイバ特性によってマイクロベンディングロスの発生する限界値が異なる。それらの要素を加味して通常は、直径約 4.5 mm 以上のポリプロピレン、ポリエチレンなどのプラスチック製リールに巻きつけられている。このようにリールあるいはボビンに巻きつけられた励起用光ファイバのループについて偏光に依存するロスを詳細に検討した。その結果、リール等の外周面から励起用光ファイバのループに対して側圧が加わって光ファイバが歪み、これが偏光状態を生じる原因の一つであることが見出された。この側圧は温度変動により変化することから、リールに巻きつけられ光ファイバは偏光に依存するロスも変動することになる。

【0008】 本発明はこのような問題点を解決するためになされたもので、マイクロベンディングロスや偏光依存ロスの極めて小さな光増幅器の励起用光ファイバループを提供することを目的とするものである。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】 この目的を達成するための本発明を適用する光増幅器の励起用光ファイバループは、実施例に対応する図1に示すように、希土類元素をドープした励起用光ファイバ1に信号光と励起光を入射させて得られる誘導放出光で前記信号光を増幅する光増幅器において、前記励起用光ファイバ1が自由空間でループ状に巻かれて束を形成し、ループの一部または全部が接着剤2で接着されて束が固定されている。

## 【0010】

【作用】 光増幅器の励起用光ファイバ1は、中心にボビン等の支持体を含むことなく、ループ状に巻かれた状態で接着剤2で束が固着されているので、中心から光ファイバ1に対して側圧が加わることがない。そのため偏光状態の変動もなく偏光に依存するロスが極めて小さな光増幅器を構成することができる。

## 【0011】

【実施例】 以下、本発明を適用する光増幅器の励起用光ファイバ1の実施例を図面により詳細に説明する。



3

【0012】図1は本発明の実施例である励起用光ファイバループを使用し光増幅器とした全体の側面図である。この実施例では波長 $1.55\mu\text{m}$ の通信光を光増幅するための増幅器として構成されている。

【0013】この実施例の励起用光ファイバループ1は以下のようにして製造される。取り外し可能なつばを取り付けた外径 $60\text{mm}$ 、幅 $8\text{mm}$ テフロン製のリールを予め用意しておく。励起用光ファイバとして長さ $80\text{m}$ のエリビウムをコアの石英ガラスにドープしたファイバを、そのリールにほとんど張力のない状態で約 $400$ 回巻きつけた後、外周に紫外線硬化型シリコン変性エポキシ接着剤2を塗布し、紫外線を照射して硬化させた。硬化後、リールのつばを外してファイバを束の状態に取り出した。得られた光ファイバループ1は接着剤2で接着されて束が固定されている。光ファイバループ1の一端を光合波器3に融着接続し、もう一端を光アイソレータ4に接続する。光合波器3の入力側には通信用光ファイバ9aと励起光源5に繋る光ファイバが接続される。光アイソレータ4の出力には出射側の通信用光ファイバ9bが接続される。このようにして励起用光ファイバループ1により光増幅器が構成される。

【0014】図1に示した上記実施例の光増幅器で波長 $1.55\mu\text{m}$ の通信光 $10_1$ を通信用光ファイバ9aに入射させ、励起光源5から波長 $1.48\mu\text{m}$ の光を入射させて出射通信光 $10_2$ の強度を測定することで増幅利得を求めた。この際、信号光を変波コントローラ6(図2参照)によって偏波状態による出力光の変動を光量計7で測定した。増幅利得の変動は $0.1\text{dB}$ 以下であった。

【0015】さらに上記実施例の光増幅器で接着剤2で束が固定されている光ファイバループ1を、図2に示すように温度可変恒温槽8に収納し、 $-40^\circ\text{C}$ ～ $85^\circ\text{C}$ でのヒートサイクル試験をおこなった。増幅利得の変動は $0.5\text{dB}$ 以下であった。

【0016】比較のため、以下のようにして本発明を適

4

用外の励起用光ファイバループを使って比較例の光増幅器を試作し、その性能を評価した。

【0017】上記実施例と同じ特性の長さ $80\text{m}$ のエリビウムドープ石英ガラスファイバを外径 $60\text{mm}$ 、幅 $8\text{mm}$ のポリプロピレン製リールにほとんど張力のない状態で約 $400$ 回巻きつけた後、末端ファイバのみをリールに固定して実施例で使用した励起用光ファイバループ1の代りとした。励起用光ファイバループをこのように変更する以外は実施例と同じようにして、比較例の光増幅器を構成した。

【0018】比較例の光増幅器を前記実施例の場合と同様の条件で増幅利得を求めた。その結果、増幅利得の変動は $0.1\text{dB}$ 以下で実施例の場合と同じであった。さらに比較例の光増幅器の光ファイバループを温度可変恒温槽8に収納し、前記実施例の場合と同様の条件でヒートサイクル試験をおこなった。この比較例の増幅利得の変動は $3.2\text{dB}$ で、前記実施例の増幅利得の変動( $0.5\text{dB}$ 以下)に比し大幅に悪いものであった。

【0019】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように本発明の光増幅器の励起用光ファイバループは、自由空間でループ状を保っているため、側圧が加わることがなく、偏光依存性に起因する損失を生じことがない。したがって、この励起用光ファイバループを使用した光増幅器は極めて安定した増幅特性が得られることになる。

【図面の簡単な説明】

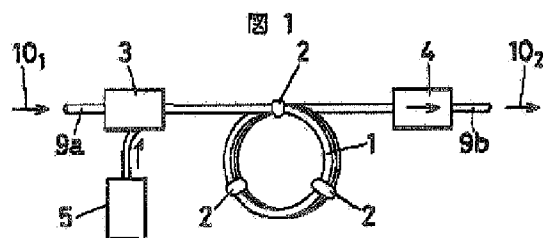
【図1】本発明を適用する励起用光ファイバループを使用し光増幅器とした実施例の全体の側面図である。

【図2】上記光増幅器の特性を測定するための構成図である。

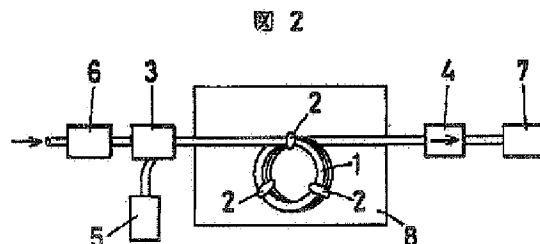
【符号の説明】

1は励起用光ファイバループ、2は接着剤、3は光合波器、4は光アイソレータ、5は励起光源、6は変波コントローラ、7は光量計、8は温度可変恒温槽、9a・9bは通信用光ファイバである。

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 S	3/07			
	3/10	Z		